

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 375 729**

A1

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21)

**N° 77 38190**

(54)

**Système régulateur de débit pour une pile à combustible.**

(51)

Classification internationale (Int. Cl.<sup>2</sup>). **H 01 M 8/04; G 05 D 7/00.**

(22)

Date de dépôt ..... **19 décembre 1977, à 14 h.**

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée : *Demande de brevet déposée aux Etats-Unis d'Amérique  
le 27 décembre 1976, n. 754.325 au nom de Richard Norman Gagnon.*

(41)

Date de la mise à la disposition du  
public de la demande .....

**B.O.P.I. — «Listes» n. 29 du 21-7-1978.**

(71)

Déposant : **UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION, résidant aux Etats-Unis  
d'Amérique.**

(72)

Invention de : **Richard Norman Gagnon.**

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : **R. Baudin, 10, rue de la Pépinière, 75008 Paris.**

La présente invention concerne des systèmes régulateurs de débit pour des piles à combustible. Plus particulièrement, la présente invention concerne un système régulateur de débit de combustible dans lequel l'appareil de traitement de combustible est isolé de la pile à combustible par une soupape réagissant à la pression et qui règle le débit des constituants formateurs de combustible en fonction de la charge imposée à la pile à combustible, ce système fonctionnant également pour distribuer la quantité de combustible nécessaire en vue de maintenir la température désirée du réacteur à combustible.

Une pile à combustible est un système "approvisionneur" dans lequel la pile fonctionne en réponse à la charge qui lui est imposée. D'une manière générale, on utilise, pour alimenter cette pile, un combustible à base d'hydrogène que l'on fait passer dans un appareil de traitement en vue de transformer le combustible en hydrogène pur qui est ensuite acheminé vers la pile à combustible. Dans des systèmes spécifiques de la technique antérieure, la charge de courant continu appliquée à la pile à combustible est détectée, tandis que de l'hydrogène et de l'oxygène sont fournis à la pile à combustible pour faire face aux besoins que l'on exige de cette dernière. L'hydrogène en excès est acheminé de la sortie de la pile à combustible vers le brûleur du dispositif de reformage de l'appareil de traitement de combustible, tandis que la température du dispositif de reformage est maintenue à un niveau désiré en faisant varier la quantité d'hydrogène fourni à la pile à combustible. Le fonctionnement de ces systèmes est basé sur le principe selon lequel le maintien d'une température constante dans le dispositif de reformage assure un approvisionnement approprié en combustible à la pile en vue de faire face aux besoins. Ces systèmes sont généralement connus sous le nom de systèmes "approvisionneurs".

Ces systèmes posent un problème du fait que le temps de réponse de la pile à combustible à un changement de charge est à peu près instantané, alors que le temps de réponse de l'appareil de traitement et de l'écoulement des matières vers l'appareil de traitement et de ce dernier à la pile à combustible n'est pas suffisamment rapide pour que cette dernière puisse faire face aux changements de charge qui lui sont imposés. C'est ainsi que, alors que le temps de ré-

ponse de la pile à combustible à des changements de charge est à peu près instantané, il existe un retard minimum fixe dans la réponse de l'appareil de traitement et dans la distribution des combustibles au système. En conséquence, de façon bien connue dans la technique, l'appareil de traitement répond aux besoins de la pile à combustible avec un certain retard et ce dernier peut poser de sérieux problèmes opératoires.

Plusieurs essais ont été entrepris dans la technique antérieure en vue d'améliorer le rendement des piles à combustible. Des exemples d'essais entrepris dans la technique antérieure en vue de régler le débit de combustible dans un système de piles à combustible sont illustrés dans les brevets des Etats-Unis d'Amérique N° 3.098.768 de Titterington et al., 3.159.506 de Salathe, N° 3.585.078 de Sederquist et al. et 3.607.419 de Keating. Toutefois, pour diverses raisons, tous ces systèmes de la technique antérieure se sont avérés pour le moins incapables de résoudre le problème précité.

Suivant la présente invention, l'appareil de traitement de combustible est isolé de la pile à combustible par une soupape fonctionnant sur commande (parfois appelée également soupape d'isolement) qui réagit aux pressions qui lui sont appliquées et fonctionne pour faire varier le débit et maintenir ainsi, sur la pile à combustible, une pression désirée qui peut être constante ou programmée. Grâce à l'isolation entre l'appareil de traitement de combustible et la pile à combustible, tout l'appareil de traitement de combustible peut fonctionner à une pression élevée et être utilisé comme réservoir de combustible à base d'hydrogène qui peut ensuite être distribué immédiatement sur commande à la pile à combustible lors d'un accroissement de la charge imposée à cette dernière. Cette réserve de combustible à base d'hydrogène garantit une excellente réponse transitoire du système.

Le combustible à base d'hydrogène est acheminé sur commande de l'appareil de traitement à la pile à combustible en fonction des changements survenant dans la charge. Un accroissement de la charge entraîne une plus grande consommation d'hydrogène, abaissant ainsi la pression d'hydrogène dans la pile. Suite à cette réduction de pression, la soupape fonctionnant sur commande augmente le débit de combustible en vue de maintenir la pile à combustible à la pression réglée en aval de la

soupape. En revanche, une réduction de la charge entraînera une réduction du débit de combustible en vue de maintenir la pile à combustible à la pression désirée.

5 Le combustible à base d'hydrogène est également acheminé vers le brûleur du dispositif de reformage en vue de maintenir ce dernier à la température réactionnelle appropriée. L'hydrogène acheminé vers le brûleur du dispositif de reformage est distribué à la pile à combustible tout d'abord pour assurer la disponibilité d'une quantité d'hydrogène suffisante en vue  
10 de faire face à la charge imposée à la pile à combustible. Dès lors, un surplus de combustible à base d'hydrogène est fourni à la pile à combustible en vue d'assurer une bonne distribution d'hydrogène à tous les sites actifs de cette pile. Cet hydrogène excédentaire est ensuite acheminé de la pile à combustible  
15 vers le brûleur du dispositif de reformage en vue de maintenir la température désirée dans ce brûleur. Le débit de combustible acheminé de la pile vers le brûleur du dispositif de reformage est réglé par une soupape réagissant à la température. Si cette soupape s'ouvre pour accroître le débit de combustible  
20 vers le brûleur du dispositif de reformage, la soupape fonctionnant sur commande prévue entre l'appareil de traitement et la pile à combustible détecte une perte de charge dans cette dernière et réagit pour fournir une plus grande quantité de combustible à base d'hydrogène à la pile en vue de rétablir l'équilibre du système et assurer ainsi la distribution de la quantité de combustible requise pour un fonctionnement correct à la fois de la pile à combustible et du dispositif de reformage.

25 Le système régulateur de débit de la présente invention est à même de régler la quantité de combustible requise par l'appareil de traitement et de déterminer les proportions correctes de combustible brut, de vapeur d'eau et d'hydrogène recyclé. Le système fonctionne en détectant la pression régnant en amont de la soupape fonctionnant sur commande et en utilisant cette pression pour positionner des soupapes de dosage  
30 afin de doser ou régler constamment l'alimentation de combustible brut, de vapeur d'eau et d'hydrogène recyclé en assurant ainsi sur commande une alimentation adéquate d'hydrogène sous pression.

35 Dans le système décrit dans la demande de brevet des Etats-Unis d'Amérique N° 754.181 déposée conjointement avec la  
40

présente au nom de la Demanderesse, de l'hydrogène et/ou un mélange de combustible brut et de vapeur d'eau sont emmagasinés sous pression dans un accumulateur prévu dans le système, la pression étant suffisante pour distribuer le combustible à la pile sur commande. Si la pression des matières emmagasinées tombe en dessous d'un niveau prédéterminé, des soupapes à déclenchement intermittent sont actionnées pour distribuer une plus grande quantité de combustible brut et de vapeur d'eau en vue de réapprovisionner l'alimentation de combustible. Ces soupapes sont désamorçées lorsque la pression désirée est rétablie.

En conséquence, un objet de la présente invention est de fournir un nouveau système régulateur de débit de combustible perfectionné pour une pile à combustible.

Un autre objet de la présente invention est de fournir un nouveau système régulateur de débit de combustible perfectionné pour une pile à combustible, ce système présentant un temps de réaction nettement amélioré en réponse à des changements survenant dans la charge imposée à la pile à combustible.

Un autre objet de la présente invention est de fournir un nouveau système régulateur de débit perfectionné pour une pile à combustible, système dans lequel l'appareil de traitement de combustible est isolé de la pile à combustible par une soupape de réglage de pression fonctionnant sur commande en vue d'améliorer le temps de réponse pour la distribution de combustible à la pile à la fois en fonction de changements survenant dans la charge imposée à la pile et de changements survenant dans la température du dispositif de reformage.

Un autre objet de la présente invention est de fournir un nouveau système régulateur de débit de combustible perfectionné pour une pile à combustible, système dans lequel l'appareil de traitement est isolé de la pile à combustible par une soupape réagissant à la pression et fonctionnant sur commande pour permettre l'accumulation de combustible en amont de la soupape en vue d'améliorer le temps de réponse du système à des changements survenant dans la charge imposée à la pile à combustible.

Un autre objet encore de la présente invention est de fournir un nouveau système régulateur de débit de combustible perfectionné pour une pile à combustible, système dans lequel

des matières combustibles sont continuellement distribuées en fonction de la pression régnant en amont d'une soupape qui isole l'appareil de traitement de la pile à combustible.

D'autres objets et avantages de la présente invention apparaîtront à l'homme de métier à la lecture de la description détaillée ci-après, en se référant aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 est une illustration schématique d'un système de piles à combustibles suivant la présente invention;

la figure 2 est un schéma simplifié d'un réseau de piles à combustible et d'appareils de traitement modulaires;

la figure 3a est un diagramme illustrant les niveaux de pression dans le sens d'écoulement du combustible pour un fonctionnement à faible et à grande puissance dans les systèmes de la technique antérieure; et

la figure 3b est un diagramme illustrant les niveaux de pression dans le sens d'écoulement du combustible pour un fonctionnement à faible et à grande puissance dans un système suivant la présente invention.

En se référant à la figure 1, un combustible brut provenant de n'importe quelle source d'alimentation appropriée est acheminé vers un dispositif de désulfuration 20 en passant par une conduite d'alimentation 10, un régulateur de pression de combustible 12 et une soupape de dosage de combustible 16 commandée par un élément 18. Ce combustible brut qui, de préférence, est un combustible hydrocarboné pouvant être utilisé dans une pile, est chauffé dans le dispositif de désulfuration 20 de façon connue dans la technique en vue d'en éliminer le soufre. Le combustible ainsi désulfuré est ensuite acheminé, via une conduite 22, vers un éjecteur 24 duquel il est entraîné dans et mélangé avec de la vapeur d'eau provenant d'une source qui sera décrite ci-après. L'éjecteur 24 présente une surface d'écoulement variable déterminée par un pointeau mobile 26 qui est actionné par un élément de commande 28. Un mélange de combustible désulfuré et de vapeur d'eau est acheminé, via une conduite 30, de l'éjecteur 24 vers un dispositif de reformage à l'hydrogène 34 comprenant un brûleur 36, un dispositif de transformation 38 et un surchauffeur 40. Le mélange de combustible brut et de vapeur d'eau amené au dispositif de reformage à l'hydrogène 34 est transformé dans ce dernier en un courant

riche en hydrogène conformément à des techniques bien connues. Spécifiquement, le combustible brut est soumis à un reformage à la vapeur d'eau en présence d'un catalyseur pour obtenir les constituants individuels du combustible qui sont spécifiquement l'hydrogène, l'anhydride carbonique, l'oxyde de carbone, ainsi qu'une certaine quantité de méthane et d'eau résiduelle. On fait ensuite passer le combustible reformé à la vapeur d'eau dans le dispositif de transformation 38 dans lequel l'oxyde de carbone réagit avec l'eau résiduelle pour former de l'anhydride carbonique et une quantité supplémentaire d'hydrogène. La matière première riche en hydrogène ainsi obtenue est ensuite dirigée vers un condenseur d'hydrogène 42 dans lequel l'eau est séparée, tandis que de l'hydrogène relativement pur est ensuite acheminé vers une conduite d'alimentation 44 de la pile à combustible. Le dispositif de désulfuration 20, le dispositif de reformage 34 et le condenseur 42 peuvent être appelés collectivement appareil de traitement 45.

Le combustible à base d'hydrogène s'écoule alors du condenseur 42 et passe par une soupape de réglage de pression 46 de laquelle il est ensuite dirigé vers le groupe de piles à combustible 48 pour alimenter ces dernières. Cette soupape de réglage de pression 46 sert à isoler le groupe de piles à combustible vis-à-vis des éléments de traitement situés en amont de cette soupape et, comme on peut le constater, cette dernière réagit à la charge imposée à la pile à combustible en vue de régler le débit du combustible en fonction des besoins en maintenant ainsi une pression de gaz désirée dans cette pile en aval de la soupape. De préférence, la soupape 46 réagit à la pression régnant dans la conduite 44 en aval de cette soupape, mais on comprendra que cette dernière peut également réagir à n'importe quel paramètre variant en fonction de la charge imposée à la pile à combustible.

De l'eau est dirigée vers un échangeur de chaleur 50 prévu dans la pile à combustible 48 en vue de refroidir cette dernière. L'eau chauffée (spécifiquement de la vapeur d'eau) déchargée de l'échangeur de chaleur 50 est acheminée, via une canalisation 52 et une soupape de réglage de contre-pression 54, vers le dispositif de transformation 38, la vapeur d'eau étant également dirigée, via une conduite 56 et une soupape de réglage de pression 58, vers le surchauffeur 40 du dispositif de refor-

mage à l'hydrogène. La vapeur d'eau ainsi surchauffée déchargée du surchauffeur 40 est distribuée via la conduite 64 pour actionner l'éjecteur 24. Le débit de la vapeur d'eau dans la conduite 64 est réglé par la position du pointeau 26 de l'éjecteur.

L'hydrogène purifié provenant de la conduite 44 est acheminé, via une soupape de réglage de pression 70, d'une conduite de recyclage 68 vers une soupape de dosage 73 actionnée par un élément de commande 75. De même, le combustible à base d'hydrogène provenant de la pile 48 est acheminé vers le brûleur 36 du dispositif de reformage via une conduite 74 et une soupape thermostatique 76. Cette soupape 76 réagit à la température régnant dans le dispositif de reformage 34 et qui est détectée par un capteur 78, le signal émis à la sortie de ce dernier étant transmis à un transducteur 80 qui commande la soupape 76.

Lors de la mise en service du système de la présente invention, les régulateurs de pression 12, 70 et 58, ainsi que les soupapes de réglage de débit 16 et 73 et le pointeau 26 sont réglés et/ou calibrés en vue d'assurer un débit supérieur à celui pouvant être requis à la puissance opératoire maximum prévue du système de piles à combustible, ces soupapes étant également réglées en vue de distribuer le combustible brut, l'hydrogène de recyclage et la vapeur d'eau dans le rapport approprié requis pour un fonctionnement correct du dispositif de désulfuration 20 et du dispositif de reformage 34. Un élément de commande 82 réagissant à la pression et comportant une membrane 84 sollicitée par un ressort 86 détecte la pression régnant juste en amont de la soupape d'isolement 46. Suite aux variations survenant dans la pression en amont de la soupape 46, une course est imprimée à l'élément de commande 82 qui transmet alors des signaux aux éléments de commande 18 et 75 afin qu'ils actionnent leurs soupapes de dosage associées. La course de l'élément de commande 82 déclenche également l'élément de commande 28 pour qu'il imprime une course au pointeau de l'éjecteur 24.

Lorsque le système est mis en service pour la première fois, la pression régnant en amont de la soupape 46 est faible, si bien que l'élément de commande réagissant à la pression 82 transmet des signaux aux éléments de commande 18, 75 et 28 en



vue d'ouvrir les soupapes 16, 73 et l'éjecteur 24 respectivement afin d'assurer un débit maximum. Un combustible brut et de la vapeur d'eau sont ensuite dirigés vers le dispositif de désulfuration 20, la vapeur d'eau et le combustible soumis à la désulfuration étant alors acheminés en un mélange approprié de l'éjecteur 24 vers le dispositif de reformage 34, produisant ainsi de l'hydrogène. L'hydrogène est ensuite dirigé vers le condenseur 42, une partie de l'hydrogène quittant ce dernier étant recyclée à l'admission du dispositif de désulfuration 20 en vue d'être mélangée avec le combustible brut pour faciliter la désulfuration. Le produit quittant le condenseur d'hydrogène 42 est dirigé vers la pile à combustible via la soupape de réglage de pression 46 fonctionnant pour maintenir cette pile à une pression désirée en aval de la soupape. La distribution de la vapeur d'eau et du combustible soumis à la désulfuration se poursuit jusqu'à ce que la pression détectée par l'élément de commande 82 soit suffisamment élevée pour transmettre des signaux aux éléments de commande 18, 75 et 28 afin qu'ils réduisent la pression dans les soupapes 16, 73, de même que le débit dans l'éjecteur 24. Lors d'un changement du taux de consommation d'hydrogène dans le système résultant soit d'un changement de consommation dans la pile à combustible elle-même (due à des variations survenant dans la charge), soit de la distribution d'hydrogène de la pile à combustible vers le brûleur 36 via la conduite 74, on observe une tendance à un changement de la pression d'hydrogène en aval de la soupape 46, entraînant ainsi des changements dans la pression régnant en amont de cette soupape. Une consommation accrue d'hydrogène a pour effet de réduire la pression en amont de la soupape 46, alors qu'une plus faible consommation d'hydrogène a pour effet d'élever la pression en amont de cette soupape. Suite à ces changements survenant dans la pression en amont de la soupape d'isolement 46, l'élément de commande réagissant à la pression 82 est à nouveau actionné pour régler les soupapes 16, 73 et l'éjecteur 24 afin de doser correctement le débit de combustible désulfuré et de vapeur d'eau en établissant ainsi la pression appropriée dans le système.

Grâce au régulateur de pression 46, l'ensemble du système situé en amont de ce régulateur peut fonctionner à une pression élevée supérieure à celle nécessaire pour alimenter la

pile à combustible, si bien que les éléments du système peuvent constituer un réservoir d'hydrogène ou de constituants formateurs d'hydrogène garantissant une réponse transitoire extrêmement rapide de l'installation d'énergie. Le retard associé à des charges variables imposées à la pile à combustible de la technique antérieure est sensiblement réduit, voire supprimé. Lors d'un changement survenant dans la charge imposée à la pile à combustible, de l'hydrogène est fourni sur commande à cette dernière par l'appareil de traitement 45. De l'hydrogène est également acheminé, via la conduite 74, de la pile à combustible vers le brûleur 36 en vue de maintenir le dispositif de reformage à la température réactionnelle appropriée. Etant donné que l'hydrogène acheminé vers le brûleur 36 du dispositif de reformage est tout d'abord distribué à la pile à combustible, cette dernière contient à tout moment une réserve d'hydrogène suffisante pour faire face à la charge qui lui est imposée. Toute baisse de température dans le dispositif de reformage 34 indique qu'une quantité d'hydrogène insuffisante est fournie au brûleur 36. Dans ce cas, la soupape de réglage de température 76 s'ouvre pour accroître le débit de combustible vers le brûleur 36. Le débit d'hydrogène accru entre la pile à combustible et le brûleur 36 entraîne une baisse de pression dans cette pile. Cette baisse de pression dans la pile à combustible est détectée par la soupape de réglage de pression 46 qui s'ouvre alors pour accroître le débit d'hydrogène vers la pile à combustible et rétablir ainsi la pression désirée de cette dernière en aval de la soupape. Cet accroissement de débit dans la soupape 46 a pour effet d'abaisser la pression régnant en amont de cette dernière, l'élément de commande 82 réagissant alors pour régler les soupapes de dosage 16, 73 et l'éjecteur 24. De la sorte, les débits requis à la fois dans la pile à combustible et le dispositif de reformage sont assurés et réglés par la soupape de réglage de pression 46.

On comprendra que le système fonctionne en réponse à une réduction ou à un accroissement de la charge imposée à la pile à combustible, ou encore à une baisse ou une élévation de la température régnant dans le dispositif de reformage. Dans un ou l'autre cas, il se produit un changement dans la pression régnant dans la pile à combustible, ce qui a pour effet d'imprimer une course à l'élément de commande 84 qui modifie alors le

réglage des soupapes de dosage 16 et 73, ainsi que du pointeau 26 de l'éjecteur.

Grâce à la séparation entre l'appareil de traitement de combustible et la pile à combustible, tous les éléments de cet appareil de traitement peuvent fonctionner sous une pression plus élevée, entraînant ainsi un accroissement du rendement de ces éléments et/ou une réduction de leurs dimensions. L'appareil de traitement de combustible peut fonctionner à des niveaux de pression optima pour un rendement maximum, tout en assurant à la fois une alimentation d'hydrogène et d'un mélange de combustible brut et de vapeur d'eau permettant une réponse instantanée à des conditions de charge transitoires imposées à la pile à combustible.

On se référera à présent à la figure 3a qui est un diagramme illustrant les conditions requises pour un fonctionnement à faible puissance et à grande puissance d'une pile à combustible spécifique de la technique antérieure. La ligne de faible puissance illustre les pressions requises aux différents étages du système, l'écoulement s'effectuant de gauche à droite. En d'autres termes, le point situé le plus à gauche sur la ligne pourrait correspondre au niveau de pression atteint en un point situé en amont du système, par exemple, au dispositif de désulfuration, tandis qu'une progression vers la droite de cette ligne pourrait correspondre à une progression vers l'aval dans le système, c'est-à-dire en direction de la pile à combustible. Comme le montre la ligne de faible puissance, lorsque la pile à combustible fonctionne à faible puissance, on n'observe qu'une perte de charge relativement faible dans le système. Toutefois, lorsqu'une charge plus importante est imposée à la pile à combustible, la pression requise à des endroits situés en amont en vue d'assurer le débit de combustible requis en direction de la pile, est nettement plus élevée comme indiqué par le point situé à l'extrême gauche de la ligne de grande puissance. L'espace vertical compris entre la ligne de faible puissance et la ligne de grande puissance correspond à un retard prévu dans le système et qui est requis pour établir les niveaux de pression nécessaires en vue de faire face à la charge élevée imposée à la pile à combustible.

On se référera à présent à la figure 3b qui est un diagramme semblable à celui de la figure 3a, mais illustrant les

conditions de fonctionnement d'une pile à combustible suivant la présente invention. Ainsi qu'on l'a mentionné précédemment, en amont du régulateur de pression 46, le système fonctionne à des pressions suffisantes pour fournir, à la pile à combustible, une quantité de combustible supérieure à celle qu'exige un fonctionnement de cette pile à la puissance maximum. Cette caractéristique est indiquée par la position de pression élevée du point d'extrême gauche de la ligne de faible puissance de la figure 3b comparativement à la figure 3a. L'inclinaison de la ligne de faible puissance de la figure 3b est identique à celle de la ligne de faible puissance de la figure 3a jusqu'au point X indiquant l'emplacement de la soupape de réglage de pression 46 dans le système. A la soupape de réglage de pression 46, la pression opératoire dans la ligne de faible puissance tombe comme illustré en figure 3b, si bien que la pression du combustible distribué à la pile est approprié pour le fonctionnement de cette dernière, soit la même pression de distribution que celle établie dans le système auquel se rapporte le diagramme de la figure 3a. Toutefois, pour un fonctionnement à grande puissance suivant la présente invention, les niveaux de pression existant en permanence dans le système en amont de la soupape 46 sont toujours suffisants pour maintenir le débit de combustible nécessaire en direction de la pile. C'est ainsi que, pour un fonctionnement à plus grande puissance, la conduite d'écoulement à grande puissance du système de la présente invention atteint, comme le montre la figure 3b dans laquelle elle part d'un point situé en amont, le même niveau de pression que celui requis pour un fonctionnement à faible puissance, cette pression diminuant ensuite au fur et à mesure que le combustible s'écoule en aval de la soupape 46, pour être finalement réduite à une valeur appropriée pour la distribution à la pile à combustible. L'espace vertical compris en n'importe quel point entre la ligne de faible puissance et la ligne de grande puissance de la figure 3b est proportionnel à la réserve accumulée dans le système.

Dès lors, ainsi qu'on peut le constater à la fois d'après les diagrammes des figures 3a et 3b et d'après la description ci-dessus, la présente invention améliore sensiblement le temps de réponse transitoire d'un système de piles à combustibles soumis à des charges variables.

On se référera à présent à la figure 2 qui illustre un système dans lequel un certain nombre de piles à combustible modulaires sont raccordées à plusieurs appareils de traitement modulaires. Le système illustré en figure 2 est quelque peu simplifié afin de clarifier l'illustration, tandis que les éléments comparables à ceux de la figure 1 sont désignés par les mêmes chiffres de référence avec l'adjonction des lettres a, b, c, etc. Plusieurs piles à combustible sont raccordées en parallèle entre un collecteur d'entrée 102 et un collecteur de sortie 104. Dans la forme de réalisation illustrée, des piles à combustible 48a à 48d sont raccordées aux collecteurs d'admission et de sortie et l'on comprendra que l'on peut raccorder de la sorte deux piles à combustible ou plus. Plusieurs appareils de traitement de combustible sont également raccordés pour alimenter le collecteur d'admission 102 via une soupape de réglage de pression d'isolement commune 46. Dans la forme de réalisation illustrée, deux de ces appareils de traitement de combustible sont raccordés entre une alimentation de combustible commune et la soupape d'isolement commune 46, mais on comprendra que l'on peut raccorder n'importe quel nombre désiré d'unités de traitement dans le système. L'utilisation d'une seule soupape d'isolement régulatrice de pression commune 46 permet d'éliminer le problème que pose l'adaptation de soupapes d'isolement régulatrices de pression parfaitement accordées sur chaque pile à combustible modulaire en vue de maintenir une alimentation uniforme de chaque unité. De même, l'utilisation de collecteurs d'admission et de sortie communs atténue le problème que pose une répartition de l'écoulement entre les différentes piles à combustible modulaires. Un dispositif de recyclage d'hydrogène 105 peut être utilisé pour améliorer la distribution du combustible dans des systèmes de grandes dimensions, mais ce dispositif de recyclage ne constitue pas une partie essentielle du système. Des soupapes 106 et 108 sont disposées en amont et en aval de chaque pile à combustible modulaire, de telle sorte que les modules individuels puissent être éventuellement débranchés du système en interrompant l'écoulement de combustible dans la pile. En outre, des soupapes 110a et 110b sont intercalées dans chacune des conduites 74a et 74b, tandis que des soupapes 112a, 112b sont intercalées dans chacune des conduites 44a et 44b, de telle sorte que n'importe

quel appareil de traitement modulaire puisse être débranché du système ainsi qu'on le désire.

Le dispositif de reformage de chaque appareil de traitement modulaire prélève, sur commande, le combustible nécessaire à son brûleur à partir du collecteur de sortie de combustible 104, au moyen de la soupape de réglage de température de brûleur 76 de chaque dispositif de reformage.

Comme le comprendra l'homme de métier à la lecture de la description ci-dessus de l'unité de piles à combustible à un seul appareil de traitement de la figure 1, tout changement survenant dans la charge imposée aux piles à combustible accouplées du système de la figure 2 a pour effet de déclencher l'élément de commande sensible à la pression 82 en vue de doser continuellement le combustible brut, la vapeur d'eau et l'hydrogène de recyclage fournis aux unités de traitement accouplées.

Bien que l'on ait décrit et illustré des formes de réalisation préférées de l'invention, différentes modifications et substitutions peuvent être envisagées sans se départir de l'esprit et du cadre de cette dernière. En conséquence, il est entendu que la présente invention a été décrite à titre d'illustration et sans aucun caractère limitatif.

REVENDICATIONS

## 1. Appareil pour la production d'électricité

- 5 par une réaction électrochimique, cet appareil comprenant une pile à combustible, des éléments de conditionnement de combustible produisant un combustible gazeux à partir d'un mélange de constituants combustibles, des éléments destinés à acheminer une matière première combustible vers les éléments de conditionnement, des éléments prévus pour distribuer, aux éléments de conditionnement de combustible, au moins un ingrédient destiné à être mélangé avec la matière première combustible, ainsi que des éléments destinés à acheminer, vers la pile à combustible, le combustible gazeux produit dans les éléments de conditionnement, caractérisé en ce que:
- 10 a) les éléments distributeurs de matière première combustible comprennent une première soupape réglable destinée à distribuer une matière première combustible à un débit supérieur à celui requis pour un fonctionnement de la pile à la puissance maximum;
- 20 b) les éléments de distribution d'au moins un ingrédient de mélange comprennent une seconde soupape réglable destinée à assurer un débit supérieur à celui requis pour un fonctionnement de la pile à combustible à la puissance maximum;
- c) les éléments d'alimentation de combustible comprennent une soupape d'isolement réglable;
- 25 d) des éléments étant prévus pour détecter la charge imposée à la pile à combustible, ainsi que pour émettre un signal de commande proportionnel à cette charge;
- e) des éléments réagissant au signal de commande proportionnel à la charge de la pile à combustible en vue de commander la soupape d'isolement et faire ainsi varier le débit de combustible s'écoulant dans cette dernière en direction de la pile en fonction de la charge imposée à cette dernière.
- 30 f) des éléments étant prévus pour détecter la pression de décharge de combustible des éléments de conditionnement, ainsi que pour émettre un signal proportionnel à cette pression; et
- 35 g) des éléments réagissant au signal proportionnel à cette pression de décharge en vue de commander les première et seconde soupapes des éléments de distribution, réglant ainsi le débit de la matière première combustible et de l'ingrédient de mélange acheminés
- 40 vers les éléments de conditionnement de combustible.

2. Appareil suivant la revendication 1, cet appareil comprenant des éléments de conditionnement de combustible comportant un réacteur auquel est associé un brûleur, ainsi que des éléments destinés à distribuer le combustible de la pile vers ce brûleur, caractérisé en ce qu'il comprend également des éléments destinés à détecter la température régnant dans ce réacteur et émettre un signal proportionnel à cette température, des éléments de réglage prévus dans les éléments de distribution précités en vue de régler le débit de combustible vers le brûleur, ainsi que des éléments réagissant au signal proportionnel à la température du réacteur en vue de régler le débit de combustible vers le brûleur et maintenir ainsi une température constante dans le réacteur, ces éléments commandant le fonctionnement des éléments de réglage de débit.

3. Appareil suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, appareil dans lequel les éléments de conditionnement de combustible comprennent des éléments destinés à mélanger la matière première combustible et l'ingrédient de mélange, caractérisé en ce que les éléments destinés à régler le débit de l'ingrédient de mélange comprennent des éléments conçus pour faire varier le débit dans les éléments de mélange.

4. Appareil suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend des éléments destinés à prélever de manière réglable le combustible des éléments de conditionnement en vue de le mélanger avec la matière première combustible en amont des éléments de conditionnement, ainsi que des éléments réagissant au signal proportionnel à la pression de décharge de ces éléments de conditionnement afin de faire varier le débit de prélèvement du combustible hors de ces derniers en vue de le mélanger avec la matière première combustible.

5. Appareil suivant la revendication 4, cet appareil comprenant également des éléments de désulfuration, caractérisé en ce que ces éléments de désulfuration sont raccordés en aval du point de mélange de la matière première combustible et du combustible prélevé des éléments de conditionnement, les éléments destinés à faire varier le débit de prélèvement étant localisés en amont de ces éléments de désulfuration.



" triplicata "

Planche I/III

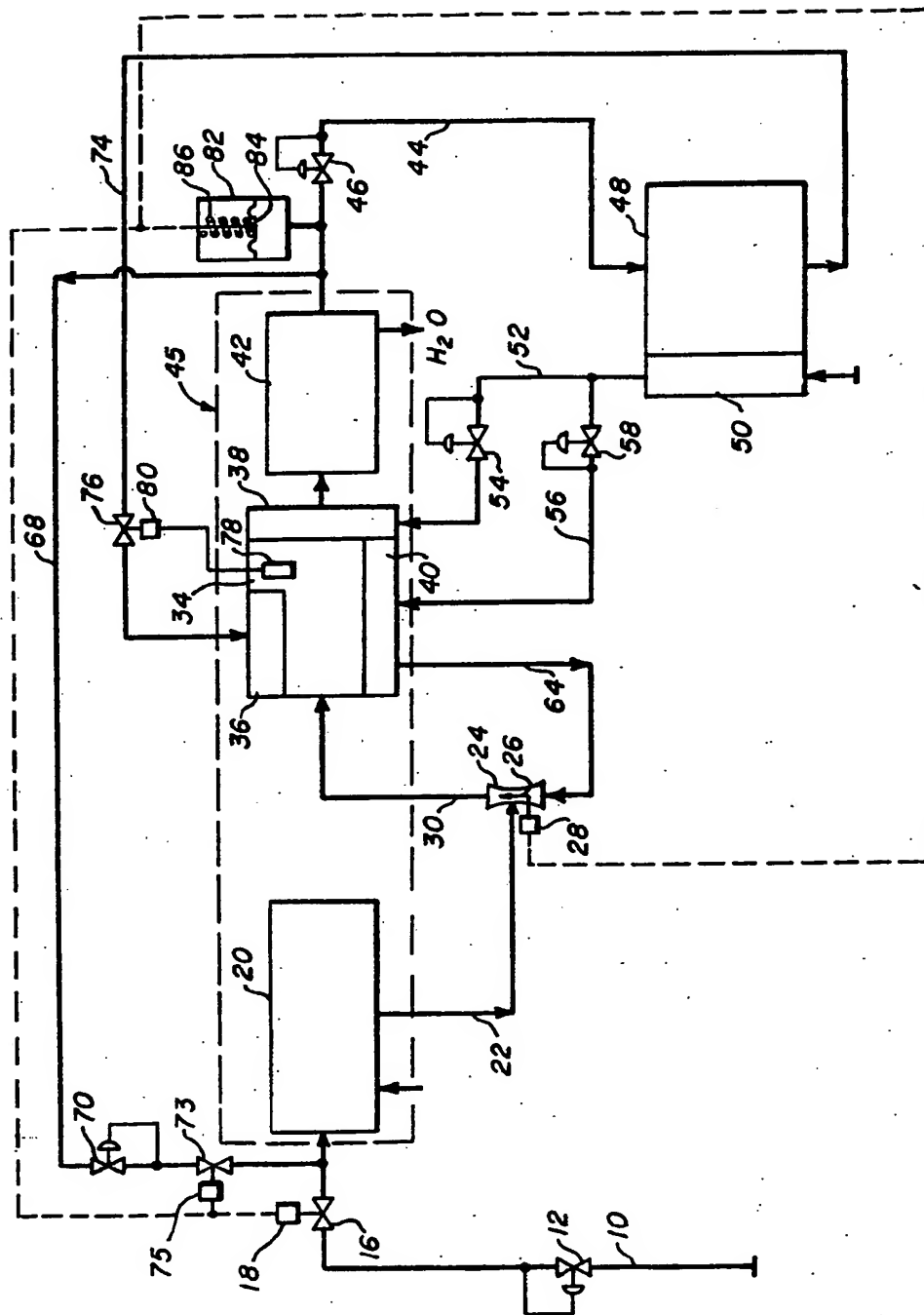


FIG. 1



" triplicata "

Planche III/III

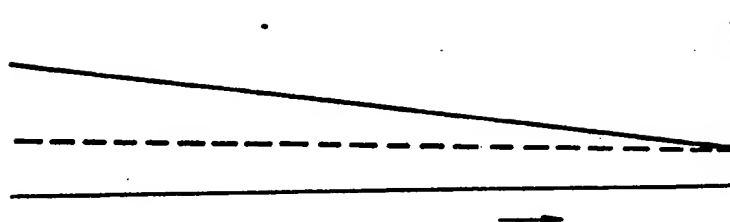


FIG. 3a

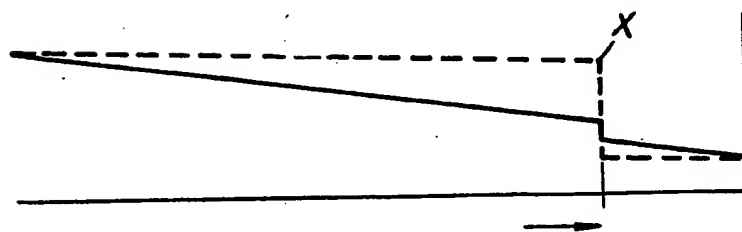


FIG. 3b